

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日      2 0 0 0 年 1 2 月    4 日  
Date of Application:

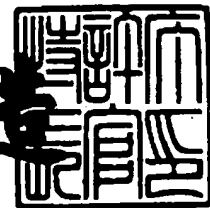
出 願 番 号      平成 1 2 年 特 許 願 第 3 6 8 2 4 8 号  
Application Number:

出 願 人      東 陶 機 器 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 1 年 1 1 月    6 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 K1001610

【提出日】 平成12年12月 4日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 東陶機器株式会社内

【氏名】 松本 彰夫

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 東陶機器株式会社内

【氏名】 川上 晃

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 東陶機器株式会社内

【氏名】 後藤 達也

【特許出願人】

【識別番号】 000010087

【氏名又は名称】 東陶機器株式会社

【代表者】 重渕 雅敏

【先の出願に基づく優先権の主張】

【出願番号】 平成12年特許願第 99855号

【出願日】 平成12年 3月31日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 017640

【納付金額】 21,000

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 要約書 1

【ブリーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 高剛性の材料により構成された移動体装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 可動部分の一部又は全部が比剛性率 100 GPa 以上の構成材料により構成された、位置決め機能を有する移動体装置。

【請求項 2】 前記移動体装置が静圧流体軸受け装置である、請求項 1 に記載の移動体装置。

【請求項 3】 前記静圧流体軸受け装置が、平板状物体のパターンを形成するための露光装置に用いられるものである、請求項 2 に記載の移動体装置。

【請求項 4】 前記平板上物体が、半導体ウェハまたは液晶パネルである、請求項 3 に記載の移動体装置。

【請求項 5】 前記構成材料がセラミックス焼結体である、請求項 1 乃至 4 に記載の移動体装置。

【請求項 6】 前記セラミックス焼結体が炭化硼素焼結体である、請求項 5 に記載の移動体装置。

【請求項 7】 前記炭化硼素焼結体が常圧焼結により製造されたものであってその気孔率が 10 体積% 以下である、請求項 6 に記載の移動体装置。

【請求項 8】 前記炭化硼素焼結体が常圧焼結によって製造されたものであるかまたは常圧焼結後HIP 処理することにより製造されたものであってその気孔率が 3 体積% 以下である、請求項 6 に記載の移動体装置。

【請求項 9】 前記炭化硼素焼結体有機物を焼結助剤の主成分として用いて焼結されたものである、請求項 6 乃至 8 に記載の移動体装置。

【請求項 10】 前記セラミックス焼結体が炭化珪素焼結体である、請求項 5 に記載の移動体装置。

【請求項 11】 前記炭化珪素焼結体が常圧焼結により製造されたものであってその気孔率が 5 体積% 以下である、請求項 10 に記載の移動体装置。

【請求項 12】 前記炭化珪素焼結体が常圧焼結により製造されたものであるかまたは常圧焼結後HIP 処理することにより製造されたものであってその気孔率が 3 体積% 以下である、請求項 10 に記載の移動体装置。

【請求項 13】 前記炭化珪素焼結体が、炭素原子を含む化合物、珪素原子を含む化合物、アルミニウム原子を含む化合物からなる群より選択された化合物を焼結助剤の主成分として用いて焼結されたものである、請求項 10 乃至 12 に記載の移動体装置。

【請求項 14】 前記セラミックス焼結体が再結晶炭化珪素焼結体に金属を含浸させたものである、請求項 5 に記載の移動体装置。

【請求項 15】 前記金属がシリコンである、請求項 14 に記載の移動体装置。

【請求項 16】 前記セラミックス焼結体が反応焼結により製造されたシリコン含浸炭化珪素焼結体である、請求項 5 に記載の移動体装置。

【請求項 17】 前記セラミックス焼結体が鋳込成形により製造された成形体を焼結したものである、請求項 5 乃至 16 に記載の移動体装置。

【請求項 18】 前記鋳込成形時に成形助剤として有機物および/又は粘土を主成分として用いる、請求項 17 に記載の移動体装置。

【請求項 19】 前記成形助剤は、焼結時には焼結助剤としての作用も発現するものである、請求項 18 に記載の移動体装置。

【請求項 20】 前記セラミックス焼結体が CIP 成形により製造された成形体を生加工後焼結したものである、請求項 5 乃至 16 に記載の移動体装置。

【請求項 21】 前記比剛性率 100 GPa 以上の構成材料により構成された可動部分の一部又は全部が、中空構造および/又はリブ構造をとるものである、請求項 1 に記載の移動体装置。

【請求項 22】 前記構成材料がセラミックス焼結体であり、前記中空構造および/又はリブ構造が鋳込成形時の型割により形成されたものである、請求項 21 に記載の移動体装置。

【請求項 23】 前記構成材料がセラミックス焼結体であり、前記中空構造および/又はリブ構造が成形体同志の接合により形成されたものである、請求項 21 に記載の移動体装置。

【請求項 24】 前記構成材料がセラミックス焼結体であり、前記中空構造および/又はリブ構造が、焼結体同志のろう付けにより形成されたものである、請求項 21 に記載の移動体装置。

【請求項 25】 前記構成材料がセラミックス焼結体であり、前記中空構造および／又はリブ構造が、CIP 成形後の生加工により形成されたものである、請求項 21 に記載の移動体装置。

【請求項 26】 平均粒径が  $0.3\ \mu\text{m}$  ～  $1.5\ \mu\text{m}$  の炭化硼素を主成分とする粉体を成形助剤及び焼結助剤と共に溶媒中に分散させたスラリーを多孔質型に注型し、多孔質型に溶媒の一部を吸収させることにより該スラリーを固化させた成形体を作り、該成形体を乾燥後、非酸化性雰囲気下で常圧焼結するか又は非酸化性雰囲気下で常圧焼結後HIP 処理した焼結体を作り、必要に応じて該焼結体の表面仕上げを行うことを特徴とする、炭化硼素焼結体の製造方法。

【請求項 27】 前記成形助剤として焼結助剤としての作用も呈するものを用いることを特徴とする、請求項 26 に記載の炭化硼素焼結体の製造方法。

【請求項 28】 可動部分の一部又は全部が請求項 26 または 27 に記載の製造方法により製造された炭化硼素焼結体により構成された、位置決め機能を有する移動体装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は高剛性の構成材料により可動部分が構成された、高精度の位置決め機構を有する移動体装置に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

高精度の位置決め機能が必要な移動体装置としては 3 次元測定器、直線度測定器、平面状物体のパターンを形成するための露光機などをあげることができる。このような高精度の位置決め装置を備えた移動体装置においては主として静圧流体軸受け装置が用いられている。また特に露光機においては最近の半導体ウェハーや液晶パネルを製造するにあたってはパターンの微細化に対応したさらに高精度の位置決め機能が求められていると共に、経済的にパターンを形成するために高速で半導体ウェハーや液晶パネルなどの被露光ワークやレチクル等が搭載された移動体を動かして装置のスループットを向上させることが求められている。し

かしながら移動体を高速で動かすことは必然的に振動が発生することであり、位置決め精度に関してはマイナスの要因である。また一定の駆動力のもとで移動体を高速で動かすためには、可動部分の軽量化が必要である。

#### 【0003】

このような高速化と高位置決め精度を両立させるためには比剛性率(ヤング率/比重)の大きな材料で構成された移動体を用いる必要がある。そのため従来から用いられていた金属系の素材に代わって、近年ではセラミック製の構成材料を用いた可動部分が採用された移動体装置もあらわれており、例えば特開平4-347008にはセラミック製の流体軸受けは比剛性の面で金属製のそれに優ることが開示されている。また特開平6-297421にはアルミナ製の流体軸受けが実施例として開示されている。また同じく特開平6-297421には流体軸受けに用いられるセラミック材料の例が列挙されており、この中には完全に焼結させればアルミナよりも比剛性率の大きなセラミック焼結体ができると推定される窒化珪素や炭化珪素も挙げられている。

#### 【0004】

またセラミック材料として完全に焼結させれば最も比剛性率が大きいと考えられる材質としては炭化硼素が挙げられ、特開平7-97264にはその常圧焼結法が開示されているが、この方法においては複雑大型形状の製品を作ることは不可能であり、焼結度も96%程度がその最大である。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の技術においては次のような問題点があった。すなわち、アルミナの比剛性率はそのヤング率が最大値近くになるまで焼結させたとしても80~95GPa程度であり、この程度の比剛性率では露光機に求められる優れたスループットと位置決め精度を達成するのに十分ではない。

#### 【0006】

また窒化珪素や炭化珪素などのセラミックスはアルミナに比べると難焼結体であると共に難成形体でもあり、露光機用の可動部分に用いられるような大型品を経済的に成形・焼結することは難しい。特に従来の製造方法においては、小型の

テストピースではない実用に供される大型の製品においては加圧焼結(ホットプレス)が必要とされており、この加圧焼結を用いる限りその製造コストは莫大なものとなり、また複雑形状のものを製造することはできない。また例えば露光機の可動部分を軽量化するためには、リブ構造や中空構造を採用することが考えられるが、このような構造をとることはますますその成形・焼成が難しくなる結果を招いてしまう。その中でも炭化硼素は最もその焼結が難しいセラミックスであり、露光機用の可動部分に用いられるような大型品を経済的に成形・焼結させることは不可能であった。

#### 【0007】

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは露光機用静圧流体軸受け装置のような位置決め機能を有する移動体装置において、高剛性で軽量の構成材料によりその可動部分を構成することにより高速・高精度の位置決めを達成することにある。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明では、上記課題を解決すべく、可動部分の一部または全部が比剛性率100GPa以上の構成材料により構成された、位置決め機能を有する移動体装置を提供する。

また平均粒径が $0.3\mu\text{m}\sim 1.5\mu\text{m}$ の炭化硼素を主成分とする粉体を成形助剤及び焼結助剤と共に分散媒中に分散させたスラリーを多孔質型に注型し、多孔質型に分散媒の一部を吸収させることにより該スラリーを固化させた成形体を作り、該成形体を乾燥後、非酸化性雰囲気下で常圧焼結するか又は非酸化性雰囲気下で常圧成形後HIP処理した焼結体を作り、必要に応じて該焼結体の表面仕上げを行うことを特徴とする、炭化硼素焼結体の製造方法ならびに該炭化硼素焼結体により可動部分の一部又は全部が構成された位置決め機能を有する移動体装置を提供する。

それにより露光機用静圧流体軸受け装置のような位置決め機能を有する移動体装置において、高剛性で軽量の構成材料によりその可動部分を構成することにより高速・高精度の位置決めを達成可能となる。



## 【0009】

### 【発明の実施の態様】

まず以下に本発明の構成要素について説明する。本発明において用いられる可動部分の一部または全部を構成する材料としては比剛性率が100 GPa以上、さらに好ましくは110 GPa以上のものを用いることが好ましい。なお比剛性率とはヤング率をかさ比重で割った値であり、かさ比重の単位は無名数であるので、結局比剛性率の単位はヤング率と同様にGPaで表わすことができる。本発明においては好ましい下限未満の比剛性率の材料を用いると位置決めの速度及び精度が不十分である場合がある。また比剛性率の好ましい上限が存在せず比剛性率は大きければ大きいほど好ましいことは自明であるが、セラミック材料を用いた場合達成可能な比剛性率は200 GPa程度である。そしてこの様な好ましい比剛性率を達成するための好ましいセラミックス焼結体としては後述の炭化硼素焼結体、炭化珪素焼結体、金属含浸再結晶炭化珪素焼結体、反応焼結シリコン含浸炭化珪素焼結体をあげることができる。

## 【0010】

本発明における移動体装置が用いられる好適な応用分野としては静圧流体軸受け装置を挙げることができる。静圧流体軸受け装置は3次元測定器や直線度測定器などの高精度の位置決めが必要な分野に好適に用いられるが、高精度に加えて強く高速移動が求められる応用分野としては、半導体ウェハーや液晶パネルなどの平板状物体のパターン形成に用いられる露光機を挙げることができる。なお、露光機においては、半導体ウェハーや液晶パネルなどの被露光ワークやレチクル等が搭載された移動体を形成する機構部品は数多くあり、静圧流体軸受け装置の可動部分と定義するのが不適當な場合もあるが、露光機の可動部分を形成する部品であれば本発明の技術を適用することが可能である。

## 【0011】

本発明における高剛性の構成材料として適切なものとしてはセラミックス焼結体を挙げることができる。その中でも比剛性率が大きい点で、最も好ましいセラミック焼結体としては、炭化硼素焼結体を挙げることができる。炭化硼素焼結体は常圧焼結により製造されるものであって、その気孔率が10体積%以下である

ことが好ましく、3体積%以下であればさらに好ましい。なおここでいう気孔率とは開気孔と閉気孔の両方を含む気孔率であるが、本発明においては開気孔率は実質的に0に近いので、気孔率は閉気孔率と実質的に同等である。なお、炭化硼素焼結体は常圧焼結後、さらにHIP処理を行うことにより、前記好ましい気孔率に到達させて高剛性にすることもできる。気孔率が好ましい上限を超えると比剛性率が不十分であったり、焼結後の加工時にチッピングを起こし易くなる等の不具合が発生する場合がある。なお気孔率には特に好ましい下限はなく、所望の比剛性率に到達するまで気孔率を小さくすれば良い。

#### 【0012】

この炭化硼素の常圧焼結においては焼結雰囲気はアルゴン、窒素、真空などの非酸化雰囲気、最高温度を2000～2400℃とすることが好ましい。この焼成条件で焼結させるためには焼結助剤が必要である。その焼結助剤の主成分としては有機物が好ましく、例えばフェノール樹脂、フラン樹脂、ピッチ、タール、カーボンブラック、ポリカルボンシラン、炭化タンゲステンなどを適宜組合せて用いることができる。

#### 【0013】

また、本発明におけるセラミック焼結体のもう一つの好ましい例として炭化珪素焼結体を挙げることができる。炭化珪素焼結体は前記炭化硼素焼結体に比較するとその比剛性率においては劣るものの、価格が安い点や、焼結後の加工性が優れているという利点がある。炭化珪素焼結体は常圧焼結により製造されるものであって、その気孔率が5体積%以下であることが好ましく、3体積%以下であればさらに好ましい。なお、炭化珪素焼結体は常圧焼結後、さらにHIP処理を行うことにより、前記好ましい気孔率に到達させて高剛性にすることもできる。気孔率が好ましい上限を超えると比剛性率が不十分であったり、焼結後の加工時にチッピングを起こし易くなる等の不具合が発生する場合がある。なお気孔率には特に好ましい下限はなく、所望の比剛性率に到達するまで気孔率を小さくすれば良い。

#### 【0014】

この炭化珪素の常圧焼結においては焼結雰囲気はアルゴン、窒素、真空などの

非酸化雰囲気、最高温度を1800～2400℃とすることが好ましい。この焼成条件で焼結させるためには焼結助剤が必要である。その焼結助剤の主成分としては炭素原子を含む化合物、硼素原子を含む化合物、アルミニウム原子を含む化合物からなる群より選択された化合物が好ましく、例えば炭化硼素、アルミニウム、アルミナ、窒化アルミニウム、フェノール樹脂、フラン樹脂、ピッチ、タール、カーボンブラック、等を適宜組合せて用いることができる。

#### 【0015】

また本発明におけるセラミック焼結体の好ましいもう一つの例として、再結晶炭化珪素焼結体に金属を含浸させたものを挙げることができる。この金属含浸再結晶炭化珪素焼結体は、上記の炭化珪素焼結体に比べると焼結時の収縮が非常に小さいため、大型複雑形状品に応用するのに有利である反面、比剛性率は炭化珪素焼結体に比べるとやや落ちることや、含浸した金属に起因する耐酸、耐アルカリ、耐プラズマなどの化学的特性の低下が見られるなどの欠点もある。

#### 【0016】

再結晶炭化珪素焼結体は多孔質体であるため、本発明におけるセラミックス焼結体として使用するためには金属を含浸させて緻密体とする必要がある。含浸させる金属としてはシリコン、アルミニウム、アルミニウム合金などが好ましく、特に好適なものはシリコンである。

#### 【0017】

また本発明におけるセラミック焼結体の好ましいもう一つの例として、反応焼結により製造されたシリコン含浸炭化珪素焼結体を挙げることができる。この反応焼結シリコン含浸炭化珪素焼結体はシリコン含浸再結晶炭化珪素焼結体と比較すると、焼結時の寸法変化に起因するクラックの発生を防止という観点からの寸法・形状の自由度はやや劣るものの、反応焼結・シリコン含浸が同時に行われるため製造コストが安いという利点がある。

#### 【0018】

本発明におけるセラミック焼結体の焼結工程前の成形工程における好ましい成形方法としては鋳込成形を挙げることができる。鋳込成形とはセラミック粉末を主成分とし成形助剤及び焼結助剤と共に溶媒中に分散させたスラリーを多孔質型

に注型し、多孔質型に溶媒の一部を型の毛管吸引力やスラリーへの直接加圧等により吸収させることにより該スラリーを固化させてから脱型・乾燥させる成形方法である。溶媒としては水や各種有機溶媒が用いられるが、最も汎用性があるのは水を主成分とする溶媒である。なお、本発明における移動体装置で特に大型・肉圧の製品を鋳込成形する場合においては、長時間の着肉を行うとスラリーの沈降やいわゆるすわりなどの現象により均一な成形体が得られない場合がある。この場合短時間で着肉を達成する方法のひとつとして、着肉中のスラリーに加圧する加圧成形の手段をあげることができる。加圧のための圧力には特に制限はなく、高圧にするほど着肉速度が大きくなるが、工業的には0.3 MPa～10 MPa程度の圧力が適当である。

#### 【0019】

ここでいう成形助剤とはスラリーの流動特性やスラリー中の粉体の分散特性を向上させると共に成形体のバインダーや可塑性付与剤として機能して成形体強度を向上させるものであることが好ましく、好ましい成形助剤としてはアルギン酸ナトリウム、アルギン酸アンモニウム、アルギン酸トリエタノールアミン等のアルギン酸塩、ポリカルボン酸アンモニウム、ジブタルフタル、カルボキシルメチルセルロース、カルボキシルメチルセルロースナトリウム、カルボキシルメチルセルロースアンモニウム、メチルセルロース、メチルセルロースナトリウム、ヒドロキシエチルセルロース、ヒドロキシエチルセルロースナトリウム、ポリビニルアルコール、ポリエチレンオキサイド、ポリアクリル酸ナトリウム、アクリル酸またはそのアンモニウム塩のオリゴマー、モノエチルアミンなどの各種アミン、ピリジン、ピペリジン、水酸化テトラメチルアンモニウム、デキストリン、ペプトン、溶性デンプン、各種ポリマー、各種エマルジョン等の有機物や粘土類を挙げることができる。

#### 【0020】

なおここでいうスラリーの流動特性を向上させるとは増粘または解膠作用によりスラリーの粘性を最適値に調節することやスラリーの流動特性にチクソトロピー性を付与することをさしており、特に焼結特性のみを考慮してセラミック粉体の粒度分布幅を狭くした場合スラリーはダイラタンシー性を示すようになるため

、この成形助剤の添加により流動特性をチクソトロピックに改質することは重要である。

#### 【0021】

この焼結特性と流動特性を両立させるための好ましいセラミック粉体の粒度分布としては、平均粒径の $1/2$ より小さな粒径を持つ粉体の体積分率が10%以上を占めるようにすることが好ましい。この体積分率が好ましい下限未満になると、成形助剤の添加によっては好ましいスラリーの流動特性が得られない場合がある。この体積分率には好ましい上限はなく、各粉体の焼結特性により、焼結度が悪化しない範囲で粒度分布を広くすることが好ましい。

#### 【0022】

また本発明におけるセラミック焼結体の焼結工程前の成形工程においては前述の鋳込成形が最も好ましいが、別のもう一つの可能な成形方法としてCIP成形を挙げることができる。CIP成形は成形体を生加工により削り出していくため材料歩留が低く、生加工に要するコストが高いという欠点はあるが、可塑性に劣る材料を用いて大型複雑形状の成形体を製造するのには適している。CIP成形においても同様に成形助剤は必要であり、鋳込成形と同様の成形助剤を用いることができる。ただしCIP成形においては成形体の可塑性はあまり必要としないので、焼結体の物性を低下させる可能性がある粘土などの可塑性に重点をおいた成形助剤の使用をひかえることが可能となる。

#### 【0023】

以上本発明における構成材料としてセラミックス焼結体を用いる場合の成形方法及び焼結方法に関して述べてきたが、それぞれの工程に用いられる成形助剤、焼結助剤として共通のものを用いる手段を優れた物性の焼結体を得る手段としてあげることができる。これは例えば成形助剤が焼結に関与しないものである場合、その成形助剤を焼結工程中で加熱により取り除く必要があり、その取り除かれた焼結助剤の分だけ充填が低くなって焼結が妨げられてしまうことを防ぐためである。

#### 【0024】

この成形助剤として働くと共に焼結助剤としての働きを呈する成分としては、

有機物及び粘土をあげることができ、その中でも特に好適なものは、高分子有機物である。

#### 【0025】

成形助剤及び焼結助剤として両方の働きをする高分子有機物としては、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂、ジアリルフタレート樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリカーボネート樹脂、弗素樹脂、ポリプロピレン樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、ポリエステル樹脂、スチロール樹脂、アクリル樹脂、ポリアセタール樹脂、酢酸ビニル樹脂、フェノール樹脂、ポリアミド樹脂、塩化ビニル樹脂、セルロース樹脂、糖類などをあげることができる。高分子有機物の場合、焼結助剤として働くのは主として炭素分であるため、焼結助剤としての効率を上げるためには炭素分の含有量が多い有機物が好ましく、例えばフェノール樹脂やフラン樹脂をあげることができる。

#### 【0026】

上述のような成形助剤及び焼結助剤として作用する高分子有機物は成形工程及び焼結工程において均一にセラミックス粉体周辺に存在することが好ましい。そのために通常考えられる方法としては溶媒中に高分子有機物を溶解させた状態で成形し、成形工程の進行に伴って溶媒分が減少し、ついには溶媒分が完全になくなるにつれて溶解していた高分子有機物が粉体の間隙に存在せしめるという方法を採用することができる。

#### 【0027】

その他の高分子有機物を成形工程及び焼結工程中に均一に粉体周辺に存在せしめる手段としては、使用する溶媒に実質的に溶解しない高分子有機物をあらかじめコーティングした粉体を用いて成形する方法を挙げることができる。例えば溶媒として水を用いて鋳込成形を行う場合においては、まず有機溶媒に溶解するが水には実質的に溶解しない高分子有機物を有機溶媒中に溶解させ、該溶液とセラミックス粉体を混合した後に該混合物から有機溶剤を蒸発などの手段により実質的に取り除いた、高分子有機物がコーティングされた粉体を製造する。次に高分子有機物がコーティングされた粉と水を混合してスラリーを製造し、そのスラリーを用いて鋳込成形を行う。有機溶媒を用いて鋳込成形を行う場合においては全

く逆に水溶性であるが該有機溶媒には実質的に溶解しない高分子有機物を用いて、セラミックス粉体表面をあらかじめコーティングしておけばよい。これは従来の湿式成形法の常識となっている使用する溶媒に可溶の成形助剤を用いるという概念の全く反対である。なおこの場合の各溶媒に対しての水溶性、油溶性というのは水性または油性のエマルジョンを形成するものも含んで応用することができる。また水や有機溶媒に溶解しないという意味は、全く溶解しないというわけではなく仮にごく微量溶解するにせよ実質的な意味でそれは無視することができるという意味である。例えば高分子有機物としてフェノール樹脂を用いる場合においては、フェノール樹脂には油溶性のノボラック型と水溶性のレゾルシン型があり、溶媒として水を用いて鋳込成形を行う場合は油溶性のノボラック型を用い、溶媒として有機溶媒を用いて鋳込成形を行う場合は水溶性のレゾルシン型を用いると好適である。この方法が優れている点としては例えば鋳込成形型が高分子有機物を吸い込むことによって目詰まりを起こすことを防ぐことや、また成形体の乾燥工程において高分子有機物の成形体中の部分的な偏析が発生することを防ぐことをあげることができる。またこの方法は従来の溶媒に可溶の助剤を使用する場合に比べると成形体にずば抜けて優れた可塑性及び／または強度を付与することができる。この粉体にあらかじめ高分子有機物をコーティングしておく場合の好ましい粉体と高分子有機物の比率は、粉体100体積部に対して高分子有機物1-40体積部であり、高分子有機物の量が好ましい範囲の下限以下であると助剤としての効果が十分に発揮できない場合があり、高分子有機物の量が好ましい上限以上であると、焼結が十分に進まなかったり鋳込成形を行う場合スラリーの粘性が高すぎて鋳込みに適さなくなるなどの場合がある。

#### 【0028】

なお、このような樹脂などの成形助剤及び焼結助剤としての両方の動きを示す成分が発現する成形助剤としての機能としては、成形工程において成形体に可塑性及び／または強度を付与する機能をあげる事ができる。この可塑性とは成形体にしなやかさを与えることにより、工程中に成形体に何らかの応力がかかった場合においても変形によるクラックが発生するのを抑える動きをするものである。また強度とは文字通り成形体の強度を向上させることにより、成形体に衝撃など

の外力が加えられた場合にも破損などが生じないようにすることを意味している。可塑性は主として成形体中に溶媒が比較的が多い場合に重要なファクターであり、成形体の乾燥が進み溶媒が比較的少なくなつてからは強度が重要なファクターとなる。

#### 【0029】

なお、上記のように樹脂などの成形助剤及び焼結助剤の両方の働きを示す成分が発現する成形助剤としての機能は主として可塑性及び／または強度であるため、その他の機能を示す成形助剤として例えば解膠剤や分散剤は別途加える必要がある場合が多い。また可塑性や強度を向上させる成形助剤を更に別途組み合わせて用いることもできる。焼結助剤に関しても同様に、成形助剤及び焼結助剤の両方の機能を呈する成分以外に、別の焼結助剤と組み合わせることも可能である。

#### 【0030】

また本発明における可動部分の重量をさらに低減させる方法として該可動部分を中空構造および／又はリブ構造とする手段を挙げることができる。このような複雑な構造をとるためには、剛性の高い材料、特にセラミックス焼結体を用いる場合、焼結後の研削加工の工数をなるべく少なくする必要があり、ニアネットシェイプ構造をできるだけ成形工程でおりこむ必要がある。

#### 【0031】

セラミック焼結体でこのような中空構造及び／又はリブ構造のものを製造する手段として最も簡便な手段としてはまず鋳込成形の型割によりこのような構造を作りこむ手段を挙げることができる。鋳込成形には、成形体の両面に型を配して溶媒を吸収させる固形（2重）鋳込成形と、成形体の片面に型を配してもう片面の余剰泥漿を排出する排泥（1重）鋳込成形があり、中空構造を作る場合には中空部の泥漿を排出するような型割に、またリブ構造を作る場合には、固形鋳込成形でリブ部分の両側からはさみこんだ型により溶媒を吸収する型割とする手段が好適である。

#### 【0032】

その他の手段としては成形体同志の接合又は焼結体同志の接合により目的とする構造を作りこむ手段を挙げることができる。その場合の接合剤としては、成形



体を接合する場合には成形体を構成するセラミック粉体と同じセラミック粉体を主成分として分散媒や増粘剤等の添加剤を加えたものが好ましく、また焼成体を接合する場合には各種合金やシリコンなどのろう剤が好ましい。

#### 【0033】

またもう一つの中空構造及び／又はリブ構造を作りこむ手段としては、CIP成形後の生加工により削り出す手段を挙げることができる。もちろん完全に閉じた中空構造を生加工で削り出すことは不可能であるが、前記接合による方法と組み合わせることにより、中空構造を形成することができる。

#### 【0034】

本発明においては比剛性のなるべく大きな構成材料を用いる必要があるが、汎用工業材料として最も比剛性が高いのは炭化硼素であり、本発明に用いられる構成材料としては価格面では炭化珪素などと比較すると劣るものの、物性面では最も好適である。

#### 【0035】

炭化硼素を鋳込成形する場合の焼結性が好ましい炭化硼素の平均粒径は $0.3\mu\text{m}$ ～ $1.5\mu\text{m}$ であり、これは通常の鋳込成形に比べると非常に微粒であるため成形体の充填があかりにくく、成形体の可塑性や強度も発現しにくい粒度構成である。この様な成形体の物性を向上させるためには前述の成形助剤としても焼結助剤としても作用する助剤を用いることが好ましく、特に好ましい助剤はフェノール樹脂、フラン樹脂などの樹脂分である。焼結助剤としては上記樹脂分を単独で用いても良く、硼化チタン、ポリカルボシラン、炭化タンゲステン、炭化鉄、炭化タリウム、弗化アルミニウム、炭化ジルコニウムなどと組み合わせることもできる。

#### 【0036】

助剤として用いられる樹脂分等は非酸化性雰囲気下の焼結工程中の昇温過程において、蒸し焼きにされて炭素分を骨格成分とする物質に変換され、この物質が炭化硼素の粒成長を抑制して焼結助剤としての働きを示す。この炭素分の焼結助剤としての作用は常圧焼結に特有のものであり、焼成体中の炭化硼素結晶の平均粒径を好ましい範囲である $10\mu\text{m}$ 以下におさえることができる。なお、粒成長

が進み、結晶粒子径が好ましい範囲を超えると強度などの物性に悪影響が及ぶ場合がある。なお、焼結前の炭化硼素はB 4 Cに比べて硼素分が多い結晶を多量に含んでいる場合が多いが、それらの結晶中に焼結助剤の炭素が取り込まれて、焼結体中の炭化硼素はB 4 Cがその主成分となる。なお、焼結助剤としての炭素分の一部は黒鉛結晶としても焼結体中に存在する。

### 【0037】

#### 【実施例】

以下の方法によって、種々のセラミックス焼結体を作成した。

##### （実施例1）

炭化硼素粉末（平均粒径0.74 $\mu$ m、比重2.5、エレクトロシュメルツベルクケンブテン社製）に、所定量のノボラック型フェノール樹脂（比重1.18、昭和高分子（株）製）をアセトン溶液として加え、混合攪拌し、アセトンを十分蒸発させた後粉碎して、フェノール樹脂をコーティングした炭化硼素粉末を得た。この炭化硼素粉末を25体積部、水75体積部となるように各原料を調合し、混合攪拌してスラリーとした。なお分散剤として、ポリカルボン酸アンモニウム塩（花王（株）製）を炭化硼素粉末100重量部に対して1重量部添加した。攪拌方法は、凝集粒子をできるだけ均一に分散させることを目的に10000rpmの高速せん断応力を加えた。その後300rpmで真空攪拌を行い脱泡した。このようにして得られた鋳込み成形用炭化硼素粉末スラリーを35mm $\Phi$ の石膏型に流し込み、排泥鋳込成形を行った。5mm着肉させた後に排泥し、5分間放置した後に離型、乾燥して成形体を得た。離型時と乾燥後の重量変化から成形体の充填率を算出した。また前記乾燥後の成形体から試験片を切り出し、アルキメデス法により乾燥体の充填率を測定した。さらに前記試験片を次のヒートカーブで焼成した。

20～1200℃（真空下）：1時間

1200～2250℃（Arガス雰囲気下）：1時間40分

2250℃に保持（Arガス雰囲気下）：30分

得られた焼結体の相対密度をアルキメデス法により測定した。これらの結果を表1に示す。なおフェノール樹脂添加量は、炭化硼素粉末に対する体積部で表記し

た。

### 【0038】

#### （実施例2）

炭化硼素粉末（平均粒径 $0.74\mu\text{m}$ 、比重2.5、エレクトロシュメルツベルクケンブテン社製）に、ノボラック型フェノール樹脂（比重1.18、昭和高分子（株）製）のアセトン溶液とポリカルボシランのヘキサン溶液との混合溶液を加え、混合攪拌し、有機溶剤を十分蒸発させた後粉碎して、出発原料である炭化硼素粉末とした。この粉末を用いて実施例1と同一の方法、条件により成形・焼成を行った。なおフェノール樹脂及びポリカルボシランの添加量は炭化硼素粉末に対する体積部で表記した。

### 【0039】

#### （実施例3）

炭化硼素粉末（平均粒径 $0.74\mu\text{m}$ 、比重2.5、エレクトロシュメルツベルクケンブテン社製）約200gに、炭化硼素の焼結助剤として $\text{TiC}$ 、 $\text{ZrC}$ 、 $\text{Fe}_3\text{C}$ 、 $\text{TiB}_2$ 、 $\text{AlF}_3$ 粉末をそれぞれ所定の添加量になるように配合した混合粉体に、水約1000gを加えてボットミルで24時間混合し、炭化硼素粉末と焼結助剤粉末を水中で均一に分散させた後、この混合物を乾燥、粉碎して出発原料の炭化硼素質混合粉末を得た。この粉末を用いて実施例1と同一の方法、条件により成形・焼成を行った。なお各粉末焼結助剤の添加量は、炭化硼素粉末に対する体積部で表記した。

### 【0040】

#### （実施例4）

実施例3で作製した炭化硼素と各種粉末系焼結助剤との混合粉末に、実施例1と同一の方法でフェノール樹脂をコーティングさせた。この炭化硼素粉末、粉末焼結助剤及びフェノール樹脂との混合粉末を用いて、実施例1と同一の方法、条件により成形・焼成を行った。

### 【0041】

#### （比較例1）

炭化硼素粉末を30体積部、水70体積部を調合し、実施例1と同一の方法によ

り成形体を作製し、炭化硼素焼結体を製造し、得られた焼結体の相対密度を測定した。なお分散剤として、ポリカルボンアンモニウム塩を炭化硼素粉末に対して1重量部添加した。

#### 【0042】

##### (比較例2)

比較例1の材料に加えレゾルシン型フェノール樹脂水溶液(昭和高分子(株)製)を炭化硼素粉末100体積部に対し5-50体積部加えてスラリーを作成し、石膏型に鋳込成形を行った。その結果はほとんど着肉現象が発生せず、成形体を得る事はできなかった。

#### 【0043】

実施例1-4、比較例1の各物性の測定結果を表1に示す。なお表中の空欄は未測定であることを示し、比較例2については成形体を得る事ができなかったため当然ながら結果は表示していない。なお実施例1, 2, 4の成形体は脱型時に高い可塑性を示し脱型時の成形体を曲げたりひねったりしてもクラックが発生しなかったのに対し、実施例3、比較例1の成形体に関しては脱型時に成形体を少し曲げたりひねったりしただけでクラックが発生した。また乾燥後の成形体に関しては実施例1, 2, 4の成形体は高強度で10cmほどの高さから落下させても破損しないのに対し、実施例3、比較例1の成形体は5cm程度の高さから落下させると大きく破損した。なお、実施例3のサンプルは成形体の可塑性や強度に関して他の実施例に比べて劣るものの、焼成体の物性においては遜色がなく、成形時に変形や破損の危険性が小さなプロセスにおいては十分に実用可能である。

#### 【0044】

【表 1】

| 項目    | 助剤成分                      | 焼結助剤添加量(vol%) | 成形体充填率(%) | 乾燥体充填率(%) | 焼結体相対密度(%) |
|-------|---------------------------|---------------|-----------|-----------|------------|
| 実施例 1 | フェノール樹脂                   | 6.3           | 49.2      | 57.6      | 90.0       |
|       |                           | 12.6          | 49.7      | 55.7      | 90.5       |
|       |                           | 18.9          | 50.4      | 56.1      | 93.0       |
|       |                           | 31.5          | 54.5      | 59.9      | 92.3       |
| 実施例 2 | フェノール樹脂+ポリカルボシラン          | 18.9+4.5      | —         | —         | 94.5       |
| 実施例 3 | TiC                       | 2.5           | —         | —         | 95.0       |
|       | ZrC                       | 1.9           | —         | —         | 93.0       |
|       | Fe <sub>3</sub> C         | 1.6           | —         | —         | 91.1       |
|       | TiB <sub>2</sub>          | 2.8           | —         | —         | 94.0       |
|       | AlF <sub>3</sub>          | 4.3           | —         | —         | 91.5       |
|       |                           | 8.8           | —         | —         | 97.9       |
| 実施例 4 | TiC+フェノール樹脂               | 2.5+11.3      | —         | —         | 95.1       |
|       | ZrC+フェノール樹脂               | 1.9+11.3      | —         | —         | 90.1       |
|       | Fe <sub>3</sub> C+フェノール樹脂 | 1.6+12.6      | —         | —         | 90.2       |
|       | TiB <sub>2</sub> +フェノール樹脂 | 2.8+12.6      | —         | —         | 90.7       |
|       | AlF <sub>3</sub> +フェノール樹脂 | 4.3+11.3      | —         | —         | 94.0       |
| 比較例 1 | なし                        | —             | 49.4      | 53.5      | 69.0       |

【0045】

(実施例 6)

実施例 1 のフェノール樹脂添加率 18.9 体積部の組成にて、石膏成形による固形鑄込成形、及び 1.8 MPa の加圧成形による排泥鑄込成形の手段により成形体を作成した。なお、石膏成形においては着肉予想時間の 2 倍の土締め時間を設定し、加圧成形においては排泥終了後 0.3 MPa の圧力で 10 分間の土締めを実施した。得られた成形体を乾燥して乾燥体充填率を測定した後に、後述の焼成パターン I、II に従い焼結したサンプルを JIS R 1601 の手法による 3 点曲げ強度、JIS R 1602 の手法による共振法によるヤング率および 3 点曲げによるヤング率、アルキメデス法による焼成体相対密度及びかさ比重を測定した。その測定結果を表 2 に示す。

【0046】

【表 2】

|          | 乾燥<br>体充<br>填率<br>(%) | 焼成パ<br>ターン | 嵩比重  | 焼成体相<br>対密度<br>(%) | ヤング率(GPa) |      | 曲げ強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 比剛性率<br>(共振法)<br>(GPa) |
|----------|-----------------------|------------|------|--------------------|-----------|------|------------------------------|------------------------|
|          |                       |            |      |                    | 共振法       | 3点曲げ |                              |                        |
| 石膏成<br>形 | 56.8                  | I          | 2.47 | 98.9               | 375       | 373  | 490                          | 152                    |
|          |                       | II         | 2.47 | 98.9               | 354       | 351  | 535                          | 143                    |
| 加圧成<br>形 | 57.1                  | I          | 2.37 | 94.7               | 345       | 332  | 476                          | 146                    |
|          |                       | II         | 2.31 | 92.6               | 337       | 329  | 431                          | 146                    |

【0047】

(実施例7)

実施例6のスラリーにさらに炭化硼素100体積部に対しTiB<sub>2</sub>を2.8体積部加えたスラリーを実施例6と同様に成形・焼成して同様の物性測定を行った。その測定結果を表3に示す。

【0048】

【表 3】

|          | 乾燥<br>体充<br>填率<br>(%) | 焼成パ<br>ターン | 嵩比重  | 焼成体相<br>対密度<br>(%) | ヤング率(GPa) |      | 曲げ強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 比剛性率<br>(共振法)<br>(GPa) |
|----------|-----------------------|------------|------|--------------------|-----------|------|------------------------------|------------------------|
|          |                       |            |      |                    | 共振法       | 3点曲げ |                              |                        |
| 石膏成<br>形 | 55.1                  | I          | 2.37 | 91.0               | 336       | 341  | 509                          | 142                    |
|          |                       | II         | 2.43 | 93.4               | 354       | 348  | 441                          | 146                    |
| 加圧成<br>形 | 55.6                  | I          | 2.34 | 90.3               | 361       | 341  | 487                          | 154                    |
|          |                       | II         | 2.37 | 91.3               | 380       | 360  | 598                          | 160                    |

【0049】

なお、上記焼成パターンI・IIは以下の通りである。

I 20～1200℃(真空下)：1時間

1200～2000℃(Arガス雰囲気下)：1時間10分

2000～2250℃(Arガス雰囲気下)：30分

2250℃に保持(Arガス雰囲気下)：30分

加熱OFF(自然冷却、Arガス雰囲気下)

II 20～1200℃(真空下)：3時間

1200～2000℃(Arガス雰囲気下)：2時間10分

2000～2250℃（Arガス雰囲気下）：30分

2250℃に保持（Arガス雰囲気下）：30分

2250～1200℃：（Arガス雰囲気下）2時間30分

1200～200℃：（Arガス雰囲気下）2時間40分

加熱OFF（自然冷却、Arガス雰囲気下）

#### 【0050】

（実施例8）

セラミックス焼結体として炭化硼素焼結体（試料No1）、炭化珪素焼結体（試料No2）、シリコン含浸再結晶炭化珪素焼結体（試料No3）、反応焼結シリコン含浸炭化珪素焼結体（試料No4）、アルミナ焼結体（比較試料）のそれぞれのサンプルについてヤング率とかさ比重を測定した。なおヤング率の測定法は共振法によるものである。

#### 【0051】

次にそれぞれの試料を静圧軸受けのガイド軸を完全に囲むスライダーとして用い、スライダーとガイド軸の間に圧縮空気を供給してスライダーをガイド軸と比較接触の状態で支持した後に駆動手段を用いてスライダーを200mmのストロークで1mmずつ繰り返し往復運動させて位置決め機能を評価した。その結果を表4に示す。なお位置決め機能の評価は、位置決め分解能と位置決めに必要な時間を総合して評価したものであり◎は特に優れていることを表わし、○は優れていることを表わし×は劣っていることを表わしている。

#### 【0052】

【表4】

| 試料No | ヤング率（GPa） | かさ比重 | 比剛性率（GPa） | 位置決め機能評価 |
|------|-----------|------|-----------|----------|
| 1    | 453       | 2.50 | 181       | ◎        |
| 2    | 391       | 3.18 | 123       | ○        |
| 3    | 330       | 3.01 | 110       | ○        |
| 4    | 325       | 3.00 | 108       | ○        |
| 比較   | 352       | 3.90 | 90        | ×        |

#### 【0053】

### 【発明の効果】

以上のように本発明によれば、高比剛性の構成材料を移動体装置の可動部分に用いることにより、高速で高精度の位置決めが可能となり、露光機などに好適に応用することができる。



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 露光機用静圧流体軸受け装置のような位置決め機能を有する移動体装置において、高剛性で軽量の構成材料によりその可動部分を構成することにより高速・高精度の位置決めを達成すること。

【解決手段】 可動部分の一部又は全部が比剛性率  $100\text{ GPa}$  以上の構成材料により構成された、位置決め機能を有する移動体装置。

【選択図】 なし。

出願人履歴

000010087

19900827

新規登録

福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号

東陶機器株式会社